

平成 30 年 5 月 13 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01041

研究課題名(和文) 画像処理技術を用いた双方向授業システムの研究

研究課題名(英文) The research of interactive class system using image processing

研究代表者

鎌田 洋 (KAMADA, HIROSHI)

金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授

研究者番号：20569884

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：教員と学生のコミュニケーションを促進するために、画像処理とカメラと色カードを用いた双方向授業システムの研究を行った。カードによる回答の選択肢数については、従来の3選択肢から、市場の選択肢問題で最も多い5選択に増加できた。カードの認識精度については、教室後方の画像をズームアップして撮像する3台目のカメラをシステムに増設することで、教室後方のカード認識精度を大幅向上した。カードの位置情報をもとに個別の学生の回答履歴を特定する研究では、参照用画像のカードの位置を可視化することによって、高精度化を達成した。

研究成果の概要(英文)：To accelerate communication between a teacher and students in class, we researched the interactive class system using image processing, cameras and color cards. We have increased the number of kind of answers from three to five. We have increased the card recognition rate in rear part of classroom drastically adding third camera which captures rear part of classroom. We also increased identification rate about answers of individual students, by visualizing the reference cards positions.

研究分野：教育工学、画像処理

キーワード：双方向システム 一斉授業 画像処理 色カード 自動集計

1. 研究開始当初の背景

(1) 第4期科学技術基本計画の基本認識に記載されているように、少子高齢化と人口減少の進展等の要因による産業競争力の長期低落傾向は日本の未曾有の危機である。この危機を打開するには、進学率が約50%になった大学教育の充実が必須である。経済のグローバル化による世界規模の競争に生き残るには、創造力があり活動力に満ちた能動的な人材の育成が喫緊の課題である。

(2) 一斉授業における教員と学生の双方向コミュニケーションの活性化を目的として、教員用コンピュータと学生用端末を有線ないし無線のITネットワークで接続したITシステムが研究されている。既に、複数のシステム[1、2、3、4]が製品化されているが、IT機器への投資と管理コストが大きいことと対面式でないために大きく普及するに至っていない。教員の問いかけに対する学生の回答用端末としては、専用の超小型端末[1、2]、学生の携帯電話[3]、学生用PC端末[4]が用いられている。専用の超小型端末[1、2]は学生の作業スペースを制限しない長所がある一方で、紛失のリスクのため管理コストがある。学生の携帯電話[3]を用いるシステムでは、該当する携帯電話を保持しない学生は購入の必要性がある。学生用PC端末[4]を用いるシステムは、教室全体をIT化する大きな投資が必要である。一方で学生に3種類の色カードを選択的に挙げさせる対面式の簡便な方式[5]が、発案されているが、集計や記録が自動的にできない欠点がある。

参考文献

- [1] TERADA.LENON、LENONシステム、(<http://www.t-lenon.com/whatlenon.html>).
- [2] ICブレインズ、Socratesシステム、(<http://www.icbrains.com/soctop.html>).
- [3]シー・エス・イー、mm-cardシステム、(<http://www.cselttd.co.jp/mmc card>).
- [4] コンピュータウイング、Wingnetシステム、(<http://www.cwg.co.jp>).
- [5] 末武国弘、「教育学による大学教授方法の改善」、神奈川大学工学研究所所報、第12号、1989、pp.23-38.

(3) 研究代表者は長年に渡り、自律走行車のための道路環境認識技術の研究など実時間画像処理分野に研究成果をあげた。この実時間画像処理技術を、上記の色カードを用いた回答方式[5]における認識部として応用することにより、学生の挙げたカードを自動集計できる簡便なシステムが構築可能であることに着目した。この着眼点にもとづき、研究代表者は、文献[5]における3色カードを用いたシステムを試作した。その後、平成24～26年度科研費・挑戦的萌芽研究「一斉授業の双方向コミュニケーションを活性化させるための画像処理技術の研究」の助成のもとに、カードの仕様と対応する画像認識方式を改善し続けることにより、カードの認識精度

を順次向上した。この結果、実験室の中での認識実験から、実際の授業に試用できるまでになり、授業におけるカードの認識精度はサンプル実験で93%まで向上した。システムに関する有用度に関する学生のアンケート結果では、初期段階では、役立たないと判断する学生が多かったが、役立つ39%、役立たない14%、どちらでもない48%まで評価を向上した。しかしながら、役立つと判断した学生の割合は39%に留まっており、役立たないと判断した学生は14%いる。また、認識できないカードが7%ある。

2. 研究の目的

(1) 能動的な人材を育成する教育環境を実現すべく、現在の主な教育運用形態である一斉授業における教員と学生の双方向コミュニケーションを促進するシステムの実現を目的とする。教員から学生への一方の知識伝達に偏りがちな一斉授業において、教員と学生のコミュニケーションを促進するために、画像処理技術を用いた双方向授業システムの研究を行う。教員の質問に対して回答に対応するカードを学生に挙げさせた風景画像から、学生が挙げたカードの位置、種類、数を自動認識して、教員にフィードバックする機能と授業における活用の研究を行う。カメラとPCとカードのみからなる簡便な設備により、いつでもどこでも教員と学生の双方向コミュニケーションを促進する授業システムを研究する。平成24～26年度科研費・挑戦的萌芽研究「一斉授業の双方向コミュニケーションを活性化させるための画像処理技術の研究」の研究成果である試作システムの認識精度を向上するとともに、一斉授業への活用方式の確立を図る。

(2) 本システムの有用度を向上するために、選択肢の数の増加などカードの利便性向上、カードの認識精度のさらなる向上、授業におけるカードの利用方法に関する研究を行う。カードの利便性向上の研究では、カードによる選択肢の数の増加に関する研究を行う。現在は3色のカードを使用して3選択であるが、試験等の選択肢は5選択が多いため、5選択など、3を超える選択数を実現するカード仕様の研究を行う。カードの色数を増やす方法や、カードに方向性を持たせることにより選択数を増やす方法を研究する。カードの色数を増やす方法では、採用する色の選択と識別の方式を研究する。並行して、案出したカード仕様に対応する画像処理方式を研究開発する。選択肢を増やした際にカードが扱いにくくならないカードのレイアウト仕様の研究も行う。同時にカードの認識精度を向上する研究を行う。このために、照明変化に適用できる画像処理方式、カードの分類方式の研究を行う。さらに授業におけるカードの利用方法について研究する。挙げたカードの画面上での位置の履歴から個々の学生の回答の

履歴を求めて活用する技術を研究する。

3. 研究の方法

(1) 第一の研究であるカードの利便性向上で、最も必要であるのはカードの選択肢数の増加である。現在は、カードの3色を選択肢に用いているため、3つの選択肢に限定されているが、市場の選択肢問題で最も多いのは5選択であるためである。本研究では、カードの選択肢数を増やすために、カード色の増加と現在は等方性になっているカードに方向性を持たせることを研究する。カード色の増加ではカード枚数の増加に伴い、カードの操作性が低下しないように冊子化などのカードの利便性の方策が必要である。カード仕様の変更とともにカードを認識する画像処理方式を研究する。一般に対象物の識別数を増加させると対象物の認識精度が低下する。カードの認識精度は、カードの仕様、画像処理による認識方式、対象となる教室の仕様（大きさ、座席レイアウト、色彩、照明）の環境要因により決定される。そこで、環境要因とカードの認識精度の関係を求めておき、教室が決まれば、どのような機能のカードでどのような認識精度が得られるかを求められるようにする。

(2) 第二の研究であるカードの認識精度の向上では、照明変化に適応できる画像処理方式と色彩空間におけるカード色の分布状況を反映したカード色の分類方式の研究を行う。人間の目では変化が感じられない場合でも、照明条件の変化により、カメラで捉えられるカードや教室の物理色は刻々と変化している。そこで、照明変化に適応できる画像処理方式を研究する。カードのサンプルを教室の片隅におき、教室風景の中に参照カードをカメラで捉えて、参照カードの画像色彩情報を画像処理方式と識別方式の補正情報にする方式も研究する。また、色彩空間におけるカード色の分布状況をもとにしたカード色の分類方式を研究する。以上の画像処理の研究では、カメラで捉えた画像値の時系列変化を捉えて、大幅に照明環境が変化した際には、画像処理パラメータの再設定を行うようにする。さらに、カードを挙げるという動作領域のみを処理すれば十分であるため、動きのあった部分のみの画像処理の方式を研究する。教壇から遠い学生のカードが小さく撮像されることや、カードを斜めに挙げたことによるカードの形の見え方の変化の対処のために、距離に応じて抽出する領域の大きさを変化させることや抽出領域の形の認識を加える処理を研究する。以上のような画像認識の高精度化の研究を、実験を行い検証しつつ着実に実施する。

(3) 第三の研究は、授業におけるカードの活用方法に関する研究である。まず、学生の回答の履歴を求めて活用する技術を研究する。

現在は、カードの選択色ごとの集計値のみを求めているが、カードの位置情報をもとに個別の学生の回答履歴を特定する。この回答履歴をもとに該当学生の指導を行えるようにする。また、授業におけるカードの効果的な使用時点や間隔、およびカードの集計値や個別の学生の回答履歴をもとにした指導方法などのインタラクショナルデザイン手法を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 教員と学生のコミュニケーションを促進するために、画像処理技術を用いた双方向授業システムの研究を行った。教員の質問に対して回答に対応するカードを学生に挙げさせた風景画像から、学生が挙げたカードの位置、種類、数を自動認識して、教員にフィードバックする機能と授業における活用の研究を行った。

(2) 初年度は、第一の研究であるカードの利便性向上を中心に研究した。特に、カードの選択肢数の増加の研究では、従来はカードの3色を選択肢に用いており3選択肢であったが、市場の選択肢問題で最も多い5選択にする見通しを得た。カードの選択肢を増加させるために、利用可能な蛍光色紙を調査を行い、蛍光色紙から色カードを作成して、認識パラメータの変更を実施したうえで認識実験を実施して、双方向授業システムに利用可能な5選択肢カードを特定した。また、カードの選択肢数を増やす他の方法の検討として、従来はカードは等方性になっているが、上下の方向性を持たせたカードの認識実験を行い良好な結果を得ている。5種類のカードの試用実験では、授業の運用に影響するカードの操作性の低下は見られなかった。環境要因とカードの認識精度の関係の追求については、最も使用頻度の高い教室（幅：14.7m、奥行き：20.7m）において、明暗2種類の照明のもとに座席ごとの認識実験を行い認識データを得た。さらにカードの誤認識の原因を分析して2値化処理の失敗が大部分であることを明らかにした。さらに、2値化のしきい値ごとに誤認識のデータを得た。また、2年目に予定していたカード色の変化を感知して照明変化に適応させる方式の基礎研究を実施した。具体的には、色の恒常性を画像処理で実現するアルゴリズムを研究し、色の相関行列を用いる新たな方法を開発した。授業で用いる色カードを含めて評価実験を行い、有効性を確認した。

(3) 2年目は、カード認識精度の向上について研究をした。第1に照明変化に適応できる画像処理方式の研究では、照明条件の変化に柔軟に対応できる色の認識手法について研究をした。照明条件に関わらず正しい色を認識するために、カードの色部分の近くに白色部を準備した方法を考案した。白色部にお

る見かけの色が照明の色に対応していることに着目して、照明色をキャンセルすることで正しい色を認識できるという原理である。白色部で観測される見かけの色を元にした色の補正を定める予想式のパラメータを学習によって最適化する方法を開発した。第2に色カードの分類方式の研究では、従来の方式と異なり、色判定、形状特徴判定の順に色カードを抽出する方式を考案して検証して良好な結果を得た。最初に色情報を使用して画像全体からカードの色領域を抽出した後、次に、形状特徴を判定することにより色カードを抽出する方式である。撮像された画像座標からカメラからの距離を推定して、見かけのカードの大きさに対応する領域のみを色カードの候補領域として抽出することにより、カードとカメラとの距離に応じたカード領域の抽出を可能にした。第3に教室後方の画像をズームアップして撮像する3台目のカメラをシステムに増設して、教室後方のカードの画像解像度が低い問題を解決して、教室後方のカード認識精度の大幅向上を確認した。以上のほか、背景画像の登録処理を組み込むことで、動いた部分のみの画像処理を実現して、机の上に放置したカードの認識を避け、学生の衣服の影響を低減した。

(4) 最終年度は、2年目までの成果である多選択カードとその画像認識方式を用いて、授業におけるカードの活用方法に関する研究を行った。まず、学生の回答の履歴を求めて活用する技術を研究した。現在は、カードの選択色ごとの集計値のみを求めているが、カードの位置情報をもとに個別の学生の回答履歴を特定する研究である。参照用画像のカードの中心座標と入力画像のカードの中心座標との距離が近い学生を同一の学生と認識させる方法を基本として、参照用画像のカードの位置を可視化させ、その位置に挙げてもらうことによって学生特定機能の高精度化を達成した。また、授業におけるカードの効果的な使用手法について、教室における実証システムを構築して検証しつつ研究した。5種類のカードを1束の冊子にしてカードの操作性を向上した。このほか、カードの認識精度向上のために、カードの色分布の可視化と統計分析とディープラーニングによる識別手法について研究を実施した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計9件)

K.YOSHIKAWA, K.YAMADA, H.KAMADA, IDENTIFYING STUDENTS AND ACCURACY IMPROVEMENT ON AUTOMATIC RESPONSE ANALYZER, ICIC Express Letters Part B: Applications, Vol.9, No.5, pp. 389-397, 2018, **査読有**

T.ISHIKAWA, H.KAMADA, COLOR LEARNING SYSTEM WITH COLOR ANALYSIS FUNCTION, ICIC Express Letters, Vol.12, No.4, pp. 295-302, 2018, **査読有**

Cho Nilar Phy, Thi Thi Zin, Hiroshi Kamada, Takashi Toriu, Color and Shape based Method for Detecting and Classifying Card Images, Journal of Robotics, Networking and Artificial Life, Vol.4, No.4, pp. 287-290, 2018, <https://www.atlantis-press.com/journals/jrnal/25894373>, **査読有**

吉川 桂太郎、鎌田 洋、双方向授業システムにおける学生の特定機能、CIEC 研究会報告集、Vol.9、pp.57-62、2018、**査読有**

山口 貴大、上川 愛未、鎌田 洋、双方向コミュニケーションシステムのビジュアル化、CIEC 研究会報告集、Vol.9、pp. 29-34、2018、**査読有**

石川 智久、鎌田 洋、色彩分析機能を持つ色彩学習システム、CIEC 研究会報告集、Vol.9、pp. 51-56、2018、**査読有**

吉川 桂太郎、山田 圭祐、鎌田 洋、双方向授業システムにおける高精度化と学生の特定機能の試み、CIEC 研究会報告集、Vol.8、pp. 28-33、2017、**査読有**

H.Kamada, K. Yamada and K. Yoshikawa, Automatic Response Analyzer in Classroom Using Image Processing and Cards, ICIC Express Letters Part B: Applications, Vol. 7, No.8, pp. 1719-1725, 2016, **査読有**

山田 圭祐、鎌田 洋、画像処理を用いた双方向授業システムの改善検討、CIEC 研究会報告集、Vol.7、pp. 49-53、2016、**査読有**

〔学会発表〕(計17件)

Cho Nilar Phy, Thi Thi Zin, H.KAMADA, T.Toriu, Image Technology based Students' Feedbacks Analyzing System using Deep Learning, International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2018, 2018

T.Toriu, H.KAMADA, Thi Thi Zin, An Adaptable Low Dimensional Image Generation Model for Eliminating Illumination Influence, The Sixth International Conference on Advances in Computing, Electronics and Communication - ACEC 2017, 2017

鎌田 洋、大学と企業の協創を考える、富士通技術士会 車座企画 第36回講演会、2017

T.ISHIKAWA, H.KAMADA, Color learning system with color analysis function, ICIC2017(12th International Conference on Innovative Computing, Information and Control), 2017

K.YOSHIKAWA, K.YAMADA, H.KAMADA, Identifying Students and Accuracy Improvement on Automatic Response Analyzer, ICICIC2017(12th International Conference on Innovative Computing, Information and Control), 2017
山口 貴大、上川 愛未、吉川 桂太郎、鎌田 洋、双方向コミュニケーションシステムのビジュアル化、2017 PC Conference、2017
鎌田 洋、山田 圭祐、吉川 桂太郎、石川 智久、西川 和隆、教育への画像処理技術の応用提案、電気学会 知覚情報/次世代産業システム合同研究会、2017
山口 貴大、上川 愛未、近藤 崇祥、福澤 力也、鎌田 洋、双方向コミュニケーションシステムのビジュアル化、平成 28 年度北陸地区学生による研究発表会、2017
Cho Nilar Phyo, Thi Thi Zin, Hiroshi Kamada, Takashi Toriu, Color and Shape based Method for Detecting and Classifying Card Images, ICAROB 2017 (The 2017 International Conference on Artificial Life and Robotics), 2017
城元 美咲、澤近 佑貴、高松 聖之、Thi Thi Zin、椎屋 和久、鎌田 洋、HSV カラー情報と形情報を用いたカラーパネルの分類、2016 年度電子情報通信学会九州支部学生会講演会、2016
鎌田 洋、画像処理技術を用いた簡便な双方向コミュニケーションシステム、金沢工業大学 新技術説明会、2016
吉川 桂太郎、山田 圭祐、鎌田 洋、双方向授業システムの情報保存活用機能、2016 PC Conference、2016
山田 圭祐、吉川 桂太郎、鎌田 洋、双方向授業システムの多選択肢化と高精度化の検討、2016 PC Conference、2016
T.Toriu, M. Hironaga, H. Kamada and Thi Thi Zin, A Color Constancy Model for Non-uniform Illumination based on Correlation matrix, ICCGI 2015 (The Tenth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology), 2015
児嶋 賢也、椎屋 和久、Thi Thi Zin、コンテンツベース検索のための画像類似度を用いたランキング結果の改善に関する研究、第 68 回電気・情報関係学会九州支部連合大会、2015
T.Toriu, M.Hironaga, N.Hasebe, Two Methods for Color Constancy based on the Color Correlation Matrix, ICSEC-2015 (The Ninth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing), 2015
山田 圭祐、鎌田 洋、カード認識を用いた双方向授業システムの性能評価、2015 PC Conference、2015

〔図書〕(計 1 件)

H.KAMADA, T.ISHIKAWA, K.YOSHIKAWA, InTech, Colorimetry and Image Processing, 2018, 79-98

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://kitnet.jp/laboratories/lab00085/index.html>

http://www.kanazawa-it.ac.jp/itfl/progress_p4.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鎌田 洋 (KAMADA, Hiroshi)

金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授

研究者番号：20569884

(2) 研究分担者

Thi Thi Zin (ThiThi, Zin)

宮崎大学・工学部・教授

研究者番号：30536959

鳥生 隆 (TORIU, Takashi)

大阪市立大学・大学教育研究センター・特任教授

研究者番号：80347484